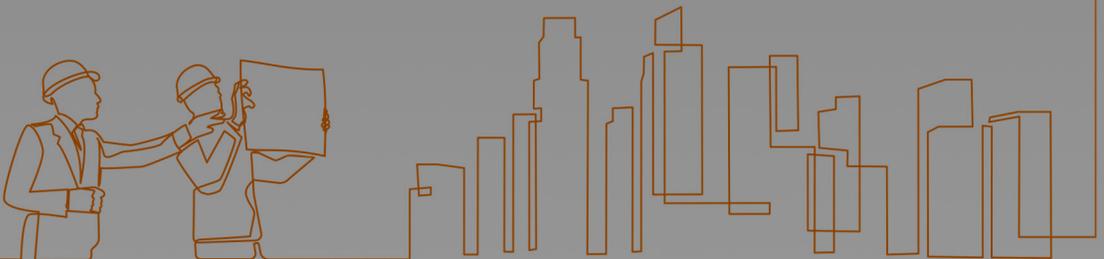


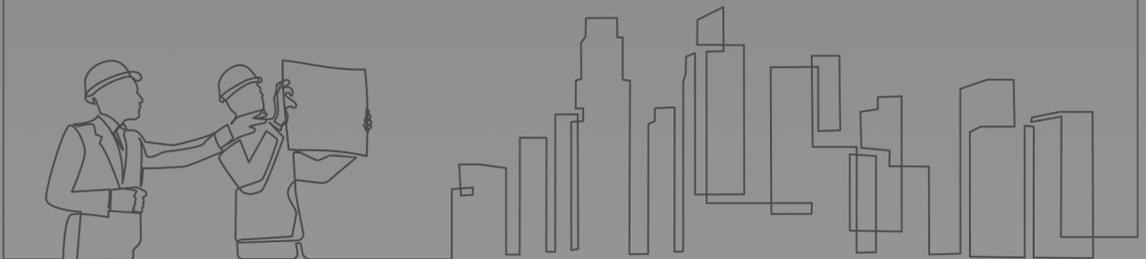
TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

**Edna Alves Oliveira
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco
(Organizadores)**



TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

**Edna Alves Oliveira
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco
(Organizadores)**



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Tecnologia em materiais e processos construtivos

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Edna Alves Oliveira
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T255 Tecnologia em materiais e processos construtivos /
Organizadores Edna Alves Oliveira, Luiz Antônio
Melgaço Nunes Branco. – Ponta Grossa - PR: Atena,
2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-589-1

DOI 10.22533/at.ed.891201811

1. Tecnologia. 2. Materiais e processos construtivos. I.
Oliveira, Edna Alves (Organizadora). II. Branco, Luiz Antônio
Melgaço Nunes (Organizador). III. Título.

CDD 601

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

O homem sempre buscou na natureza, esse rico conjunto de elementos envolvendo mares, rios, lagos, terras, flora e fauna, sua capacidade de sobrevivência. Primitivamente caçando e coletando, vivendo no nomadismo até o surgimento das primeiras comunidades, quando sua capacidade e habilidades lhe permitiram perceber que não havia mais necessidade de tantos deslocamentos. A ideia de recurso como insumo estava clara. Havia abundância de materiais e com adequação ferramental a vida evoluía. Era o início de conquistas e realizações na área do conhecimento humano. Ocorriam, portanto, os primeiros passos no campo da experimentação científica, fato que permitiu, ao longo do tempo, a expansão da visão de mundo, bem como o domínio e controle cada vez mais maior dentro de uma vida já em sociedade.

Dentre as várias áreas do saber que evoluíram desde então, surge a engenharia como uma grande aplicadora desse conhecimento, transformando os recursos naturais ou gerando bens que são necessários e largamente utilizados para o desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, a técnica, a metodologia e a instrumentação no mundo são uma constante e embasam toda a vida humana contemporânea. E tomada, então, como referencial, a tecnologia requer um olhar atento sobre o qual o trabalho repousa. Atualmente, o método científico tende a ser dominante e hegemônico, caracterizando-se por uma ciência experimental, por isso, a instrumentação e a medição são formas de garantir a confiabilidade de resultados. Para tal e perante tantas possibilidades de materiais, técnicas e ensaios, é necessário aprender a lidar com o novo que emerge a cada momento. Um dos paradigmas da educação que se aplica, nesse caso, é a formação de profissionais sobretudo na área tecnológica não apenas dotando-os de elementos técnicos para dominar uma realidade, mas permitindo-lhes compreender o significado e tendências dessa mesma realidade.

Nesse sentido, esta publicação é uma modesta contribuição a esse processo de formação e todos capítulos são oriundos de atividades de pesquisas desenvolvidas e conduzidas diretamente pelos autores.

Os organizadores desejam expressar agradecimentos a todos que graciosamente se dispuseram a colaborar nesta publicação e esperam que a leitura possa ser enriquecedora e fonte de inspiração.

Edna Alves Oliveira

Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

Belo Horizonte, agosto/2020

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UMA HABITAÇÃO POR MEIO DE TRÊS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Cynara Fiedler Bremer
Mariana Tonini de Araujo

DOI 10.22533/at.ed.8912018111

CAPÍTULO 2..... 15

AVALIAÇÃO DA MICROESTRUTURA E DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE BACTÉRIAS DO GÊNERO BACILLUS SUBTILIS

Gláucia Nolasco de Almeida Mello
Samuel Ângelo Santiago

DOI 10.22533/at.ed.8912018112

CAPÍTULO 3..... 27

COMPORTAMENTO AO CISALHAMENTO DE MINI PAREDES EXECUTADAS COM BLOCOS ENCAIXÁVEIS DE SOLO CIMENTO

Juliana Moreira Senna Guimarães
Edna Alves Oliveira
João Batista Santos de Assis

DOI 10.22533/at.ed.8912018113

CAPÍTULO 4..... 46

ESTUDOS DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURAS VERDES EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE

Adriano de Paula e Silva
Cristiane Machado Parisi Jonov
Priscila Salvador Santos

DOI 10.22533/at.ed.8912018114

CAPÍTULO 5..... 65

PLANEJAMENTO DE CRONOGRAMAS FÍSICO FINANCEIROS UTILIZANDO LINHA DE BALANÇO E TECNOLOGIA BIM

Danielle Meireles de Oliveira
Sidnea Eliane Campos Ribeiro
Aldo Giuntini de Magalhães
Sérgio Geraldo dos Reis Júnior

DOI 10.22533/at.ed.8912018115

CAPÍTULO 6	75
POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSA E CONCRETO COM RESÍDUOS DE MARMORES E GRANITOS	
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco André Ricardo de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.8912018116	
CAPÍTULO 7	88
TIJOLITO – SISTEMA AG CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA	
João Batista Santos de Assis Juliana Senna Guimarães Rúbia Nunes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.8912018117	
CAPÍTULO 8	101
VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS MISTOS EM CONCRETO E BLOCO CERÂMICO PARA VEDAÇÃO	
Jamile Salim Fuina Bernardo Caetano Chaves	
DOI 10.22533/at.ed.8912018118	
SOBRE OS ORGANIZADORES	117

COMPORTAMENTO AO CISALHAMENTO DE MINI PAREDES EXECUTADAS COM BLOCOS ENCAIXÁVEIS DE SOLO CIMENTO

Juliana Moreira Senna Guimarães

Mestre em Processos Construtivos
Universidade Fumec
juliana.msguimaraes@gmail.com

Edna Alves Oliveira

Profa. Dra. Universidade Fumec
ednaao@fumec.br

João Batista Santos de Assis

Prof. Dr Pontifícia Universidade Católica de
Minas Gerais
jbsassis@yahoo.com.br

RESUMO: Desastres naturais provocados por furacões, erupções vulcânicas, tsunamis ou terremotos têm causado milhares de mortes, afetando seriamente a economia, interferindo no desenvolvimento dos países em que ocorrem. O bloco encaixável de solo cimento, o Tijolito®-Sistema Andrade Gutierrez de Construção Industrializada, é um sistema utilizado em construções em vários estados do Brasil e no exterior. Investigações da ruptura de edificações após os terremotos *L'Aquila* que ocorreu em 2009 e *Emília* em 2012, mostraram que a baixa resistência ao cisalhamento das alvenarias era a maior causa dos colapsos estruturais. O conhecimento do comportamento estrutural das alvenarias quando submetidas a esse esforço ainda é pouco, necessitando de estudos e pesquisas nessa área. O objetivo deste trabalho é analisar, experimentalmente, o comportamento ao cisalhamento, de mini paredes de alvenaria estrutural, não armadas, construídas com Tijolito, mediante a aplicação de ensaio de compressão

diagonal. No Brasil, não existe regulamentação específica para análise da resistência ao cisalhamento de alvenarias construídas com blocos encaixáveis de solo cimento, porém a NBR 16522 - Alvenaria de blocos de concreto: métodos de ensaio (ABNT, 2016), prescreve para essa determinação uma metodologia aproximada ao ensaio de compressão diagonal descrito na E-519 (ASTM, 2002). Com o desenvolvimento do ensaio em doze mini paredes quadradas com dimensão de 550 mm², concluiu-se que a resistência média ao cisalhamento do Tijolito foi 1,05 MPa e a carga de fissuração, relativa à primeira fissura, 6,83 kN. O módulo de elasticidade médio, a 20% da carga de ruptura, foi 22,2 MPa, e a 50% da tensão de ruptura 55,4 MPa. Em relação à forma da fissuração das mini paredes, aproximadamente 60% delas desenvolveram fissuras devidas ao cisalhamento através de uma abertura de aproximadamente 2 mm localizada no centro do painel, e as demais apresentaram dupla abertura, com cerca de 1mm, também na parte central do painel.

PALAVRAS-CHAVE: Bloco encaixável de solo cimento. Ensaio de compressão diagonal. Cisalhamento.

SHEER BEHAVIOR OF PLUG IN SOIL CEMENT MASONRY

ABSTRACT: Natural disasters caused by hurricanes, volcanic eruptions, tsunamis or earthquakes have caused thousands of deaths, seriously affecting the economy and interfering with the development of the countries where they occur. The Tijolito® - Andrade Gutierrez System of Industrialized Construction is a system used in constructions in several states of Brazil and abroad. Investigations of building collapse after the *L'Aquila* earthquakes that occurred in 2009

and Emilia in 2012, showed that the low shear strength of masonry was the major cause of structural collapse. Knowledge of the structural behavior of masonry when subjected to this effort is still poor, requiring studies and research in this area. The objective of this work is to analyse, experimentally, the shear behaviour of mini structural masonry walls, not reinforced, built with brick, through the application of diagonal compression test. In Brazil, there is no specific regulation for the analysis of the shear strength of masonry constructed with concrete blocks, but NBR 16522 - Concrete block masonry: test methods (ABNT, 2016), prescribes for this determination an approximate methodology for the diagonal compression test described in E-519 (ASTM, 2002). With the development of the test in twelve square mini walls with a dimension of 550 mm², it was concluded that the average shear strength of the Tijolito was 1.05 MPa and the crack load, relative to the first crack, 6.83 kN. The average modulus of elasticity at 20% of the breaking load was 22.2 MPa, and at 50% of the breaking stress was 55.4 MPa. Regarding the shape of the cracking of the mini walls, approximately 60% of them developed cracks due to shearing through an opening of approximately 2 mm located in the center of the panel, and the others presented double opening, with approximately 1 mm, also in the central part of the panel.

KEYWORDS: Block embedding of soil cement. Diagonal compression test. Shearing.

1 | INTRODUÇÃO

Desastres naturais provocados por furacões, erupções vulcânicas, tsunamis ou terremotos têm causado milhares de mortes, afetando seriamente a economia, interferindo no desenvolvimento dos países em que ocorrem. Segundo Martins (2018), em março deste ano, o Brasil registrou, aproximadamente, vinte e seis tremores de terra, registrados pelo Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, com magnitudes de até 4,3 na escala Richter. Em setembro de 2017, tremores de magnitude 8,2; 7,1 e 6,1 atingiram o México. A secretária de Desenvolvimento Agrário, Territorial e Urbano do país Rosário Robles relata que mais de 250.000 pessoas perderam suas casas por causa desses abalos sísmicos (LUSA, 2017). Ludovico *et al.* (2016) apontam que a Itália sofreu nos últimos dois séculos mais de 60 terremotos, causando mais de 149.000 mortes. Investigações da ruptura de edificações dos terremotos *L'Aquila*, que ocorreu em 2009, e *Emilia*, em 2012, mostraram que a baixa resistência ao cisalhamento das alvenarias era a maior causa dos colapsos estruturais.

Segundo Gouveia, Lourenço e Vasconcelos (2007), a alvenaria estrutural é uma das formas mais antigas de construção empregadas pelo homem. Há registros da utilização desse sistema construtivo pelas civilizações assírias e persas desde 10.000 a.C., sendo empregados tijolos secos ao sol, e por volta de 3.000 a.C. foi introduzida a queima dos tijolos em fornos. Tennant, Foster e Reddy (2016) destacam que várias técnicas de construção foram usadas para criar estruturas de terra crua, destacando os blocos de solo prensado, com ou sem adições. Miccoli *et al.* (2015) apontam que os blocos de solo com adições, como por exemplo, do cimento, estão disponíveis no mercado com diversos tamanhos e formas, podendo ser maçicos, perfurados e com ou sem a utilização de argamassa de assentamento. Seu processo de fabricação é simples, podem ser prensados manualmente, com o auxílio de equipamentos hidráulicos ou pneumáticos. Torgal e Jalali (2012) afirmam que esse tipo de bloco é um excelente isolante térmico além de ser resistente a chamas.

O bloco encaixável de solo cimento, o Tijolito®-Sistema Andrade Gutierrez de Construção Industrializada, é um sistema construtivo utilizado em construções em vários estados do Brasil e no exterior. Alguns países onde foi empregado, como por exemplo a Argentina e Trinidad e Tobago, já sofreram ocorrência de sismos ou furacões. Aguiar *et al.* (2017) afirmam que por estar localizado em uma região no interior da placa sul-americana o Brasil é um país com baixa atividade sísmica. Apenas obras de grande porte ou de altas exigências de segurança como usinas atômicas, pontes, túneis, barragens, costumam levar em consideração os efeitos de possíveis sismos em seus projetos. Porém, essa aparente baixa atividade não pode ser motivo da desconsideração desse efeito na elaboração dos projetos estruturais de edificações no País. Segundo Milosevic *et al.* (2013) o conhecimento do comportamento estrutural das alvenarias quando submetidas a esse esforço ainda é pouco, necessitando de estudos e pesquisas nessa área, não existe na bibliografia atual valores de resistência ao cisalhamento para alvenarias construídas com o Tijolito.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é analisar, experimentalmente, o comportamento ao cisalhamento de mini paredes de alvenaria estrutural não armadas construídas com blocos encaixáveis de solo cimento – Tijolito®-Sistema Andrade Gutierrez de Construção Industrializada, doravante referenciado por somente Tijolito.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Tijolito

O Tijolito é o resultado de uma pesquisa que se iniciou em 1979 por Assis, diante da preocupação com o desperdício de matérias primas na construção civil e pelo alto *déficit* habitacional brasileiro naquela época. Até os dias atuais, o *déficit* habitacional é um grande problema social do Brasil; estima-se que este valor seja correspondente a 5,846 milhões de domicílios (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2016).

A ideia inicial era produzir um bloco de solo e cimento com regularidade dimensional, Oliveira *et al.* (2016) destacam um obstáculo que as construções em terra crua encontram, é que geralmente, os blocos possuem dimensões não padronizadas. A partir dessa motivação, Assis desenvolveu um sistema que foi aprimorado ao longo dos anos. Em 1986, Assis introduziu orifícios no sistema de encaixe, a fim de reduzir a massa do bloco e eliminar as juntas entre suas unidades. Em 1987, além do sistema de encaixe vertical, Assis introduziu um sistema de encaixe horizontal, porém optou por desenvolver um orifício que conectava os encaixes, mas em 1989, abortou essa ideia, substituindo-a por um único orifício entre os dois já criados. Assis também estudou a possibilidade de que os encaixes verticais fossem quadrados ao invés de circulares, pois essa geometria favorecia o travamento e a estabilidade da parede, porém a matriz com o orifício quadrado era bastante onerosa e por esta razão optou por continuar com a geometria circular. Em 1991, Assis criou a primeira prensa hidráulica para a produção dos Tijolitos. Esta evolução pode ser observada na Figura 1. Não é necessário preencher todos os orifícios com graute, nem utilizar cola entre os blocos para conferir estabilidade de parede de Tijolito. A estabilidade da parede é conferida pela injeção de uma argamassa fluida no orifício de aproximadamente 30 mm, permitindo que os dois orifícios de 45 mm sejam destinados apenas à passagem de

tubulações hidráulicas e a cablagem elétrica, Figura 1 (Assis e Chahud, 2004).

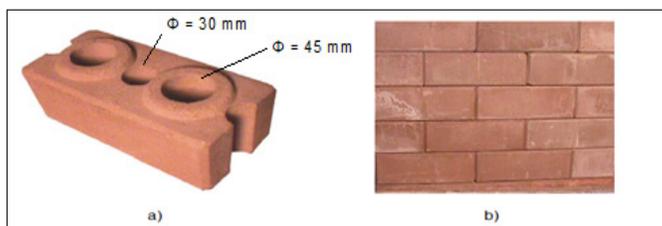


Figura 1 - a) Tijolito, bloco padrão TJ 110 b) vista de um painel executado com o Tijolito

Fonte: Assis e Chahud, 2004

A partir do bloco padrão, criaram-se algumas variações, ilustradas na Figura 2, todas obedecendo ao mesmo sistema de acoplamento. O TJ 111 é utilizado nas amarrações e finalizações das paredes. Com o objetivo de evitar cortes para a execução de saídas de instalações elétricas e hidráulicas, desenvolveram-se outras variações como o TJ 112, TJ 113 e TJ 114. Desenvolveu-se ainda, o TJ 115 para compor as vergas e contravergas de portas e janelas. Desde a criação do Tijolito, há estudos para o seu aprimoramento os qual fazem parte da dissertação de Assis (2001) e da tese de Assis (2008).

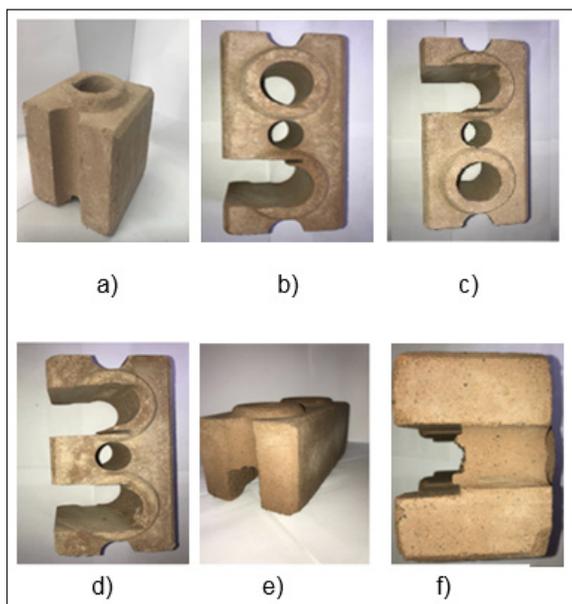


Figura 2: Tipologias do Tijolito: a) TJ 111- meio Tijolito; b) vista superior do TJ 112; c) vista superior do TJ 113; d) vista superior do TJ 114; e) vista do TJ 115 f) TJ 115 - vista lateral

Fonte: Assis e Chahud, 2004

2.2 Determinação da resistência ao cisalhamento de mini paredes

Para a determinação da resistência ao cisalhamento em alvenarias pode-se utilizar o ensaio de compressão diagonal, conforme ilustra a Figura 3, regulamentado pela ASTM E-519 *Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages* (2002) e NBR 16522 - Alvenaria de blocos de concreto: métodos de ensaio (ABNT, 2016). Essas duas normas prescrevem a aplicação de um esforço de compressão nas diagonais da parede, rotacionada 45 graus. O esforço de compressão é transmitido para a alvenaria por dispositivos metálicos, permitindo a determinação da tensão de cisalhamento e com a instalação de relógios comparadores, a quantificação do encurtamento e alongamento da alvenaria, bem como a determinação do módulo de elasticidade transversal (BORRI, CASTORI, e CORRADI, 2015).

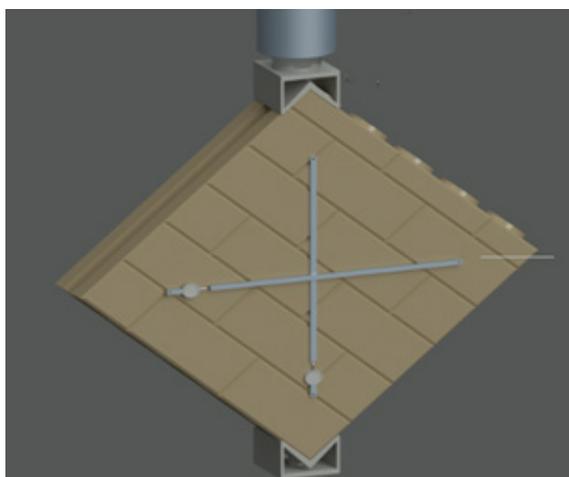


Figura 3: Ensaio de compressão diagonal com rotação da alvenaria a 45 graus em relação a uma diagonal

Fonte: Guimarães (2017)

2.2.1 Cálculo da tensão de cisalhamento da alvenaria

As normas E-519 (ASTM, 2002) e NBR 16522 (ABNT, 2016), adotam a formulação (1) proposta, para a determinação da resistência ao cisalhamento da alvenaria, rotacionada à 45° em relação às suas diagonais.

$$\tau_{alv} = \frac{(0,707P)}{A} \quad (1)$$

Em que:

τ_{alv} = tensão de cisalhamento convencional (MPa);

P = carga de ruptura média das paredes (N);

A = média da área bruta (ou líquida) das duas faces contíguas ao carregamento (mm²).

2.2.2 Cálculo da deformação da alvenaria

Segundo a NBR 16522 (ABNT, 2016) e E-519 (ASTM, 2002) obtêm-se as deformações a partir da formulação (2):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

Em que:

ΔL = medida obtida pelo relógio comparador;

L_0 = comprimento inicial entre pontos, na diagonal da mini parede.

2.2.3 Cálculo da distorção da alvenaria

Além da determinação da tensão de cisalhamento, o ensaio de compressão diagonal permite o cálculo do módulo de elasticidade transversal (G_{alv}). Sendo a distorção da parede (γ_{alv}) parâmetro fundamental para tal, a NBR 16522 (ABNT, 2016) e E-519 (ASTM, 2002) mencionam que este é obtido de acordo com a seguinte equação:

$$\gamma_{alv} = \gamma_{alv} = \frac{\Delta V + \Delta H}{2L_0} \quad (3)$$

Em que:

γ_{alv} = distorção da alvenaria (mm/mm);

ΔV = encurtamento vertical (mm);

ΔH = alongamento horizontal (mm);

L_0 = é o comprimento da base de medida (mm).

2.2.4 Cálculo do módulo de elasticidade transversal da alvenaria

O módulo de elasticidade transversal da alvenaria (G_{alv}), é obtido por (4):

$$\tau_{alv} = \frac{\tau_{alv}}{\gamma_{alv}} \quad (4)$$

Em que:

τ_{alv} = tensão de cisalhamento da alvenaria (MPa);

γ_{alv} = distorção da alvenaria (mm/mm);

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização dos materiais

Para a execução do traço da argamassa de injeção as mini paredes foram caracterizados: o cimento, a cal e a areia lavada, materiais necessários para a execução do

traço da argamassa de injeção, bem como os blocos encaixáveis de solo cimento, o Tijolito.

Para a caracterização do cimento, Cimento Portland com adição de Escória CPII E-32, executou-se os ensaios de determinação da massa específica segundo NBR NM 23 - Cimento Portland e outros materiais em pó - determinação de massa específica (AMN, 2001); e determinação da finura segundo a NBR 11579 – Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio de peneira de malha quadrada com abertura de $75 \mu\text{m}$ (ABNT, 2012).

A cal utilizada na execução do traço foi Cal Hidratada Tipo III (CH-III). A caracterização desse material foi realizada conforme especificações da NBR NM 23 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação de massa específica (AMN, 2001).

Segundo Assis (2001), a areia lavada fornece valores críticos sobre as resistências das paredes em comparação à areia artificial, portanto, a fim de obter-se resultados mais representativos, optou-se por utilizar a areia lavada na execução do traço da argamassa de injeção. Esse agregado foi caracterizado a partir da determinação da massa específica aparente segundo NM 52 - Agregado miúdo - determinação de massa específica e massa específica aparente (AMN, 2009); impurezas orgânicas segundo NM 49 - Agregado fino: determinação de impurezas orgânicas (AMN, 2001); materiais pulverulentos segundo NM 46 - Agregados: determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem (AMN, 2003); torrões de argila segundo NBR 7218 - Agregados: determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis (ABNT, 2010); granulometria segundo NBR 7211 - Agregado para concreto: especificação (ABNT, 2009).

Como não existe normalização específica para análise dimensional em blocos encaixáveis de solo cimento isentos de argamassa de assentamento, estes foram caracterizados de acordo com as medições descritas na Figura 4. Para este estudo, extraiu-se aleatoriamente doze corpos de prova de um lote de 15 mil Tijolitos. Deste mesmo lote foram extraídos os blocos para construção das mini paredes utilizadas nos testes de determinação da resistência ao cisalhamento. Determinou-se a massa específica seca e saturada e o índice de absorção d'água de acordo com a NBR 12118 - Blocos de concreto vazados de concreto simples para a alvenaria (ABNT, 2014).

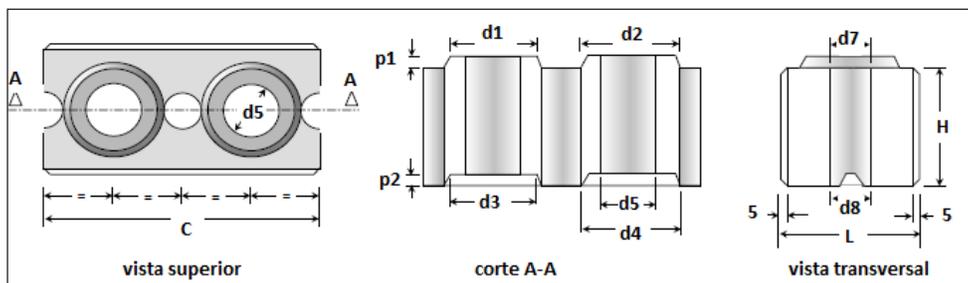


Figura 4: Dimensões analisadas para caracterização dos Tijolitos

Fonte: Guimarães (2017)

3.2 Estudo do traço da argamassa de injeção

Segundo Mohamad *et al.* (2009) o principal parâmetro responsável por suportar cargas na alvenaria estrutural é a resistência à compressão da parede, que está relacionada com a argamassa de assentamento. No caso do Tijolito, a estabilidade do painel de alvenaria é conferida por uma argamassa de injeção executada em um orifício específico no interior do bloco. Como o sistema prescinde de aditivos para a melhoria da plasticidade da argamassa, optou-se por utilizar a cal para conferir maior fluidez e menor segregação dos materiais, utilização recomendada pelo criador do sistema (ASSIS, 2001).

Para otimizar o cronograma da realização de ensaios, fez-se um estudo para a obtenção de um traço que, aos 5 dias atingiria a resistência equivalente ao traço padrão utilizado pelo SAGCI (1:2:7 relativos às proporções de cimento, cal e areia em volume e fator água cimento $a/c= 4,0$ e fluidez igual a 15s) que, em 28 dias de idade, atinge uma resistência de aproximadamente 1,0 MPa. Empregou-se o processo mecânico para a mistura dos materiais, utilizando como equipamento uma argamassadeira automática.

A argamassa deve apresentar uma fluidez entre 10s e 20s, índice verificado por meio do cone *Marsh*, segundo a NBR 7681-2 - Calda de cimento para injeção Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil - Método de ensaio (ABNT, 2013). Manter a fluidez dentro da faixa entre 10s e 20s é essencial para a execução das mini colunas de estabilização da parede de Tijolito, pois permite que a argamassa escoe pelo furo sem endurecer-se antes de seu preenchimento total.

A análise das resistências do traço da argamassa de injeção foi feita utilizando os procedimentos descritos na NBR 13279 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT, 2005).

3.3 Determinação da resistência ao cisalhamento

A determinação da resistência ao cisalhamento das mini paredes construídas com Tijolito foi determinada de acordo com os procedimentos da ASTM E-519 *Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages* (2002) e NBR 16522 - Alvenaria de blocos de concreto: métodos de ensaio (ABNT, 2016).

Além da determinação da resistência ao cisalhamento das mini paredes, executadas com Tijolito, determinou-se o alongamento horizontal e encurtamento vertical, durante a aplicação do carregamento e a elaborou-se mapas de fissuração dos painéis, a fim de melhor compreender o processo de fissuração e ruptura do painel. Esses ensaios foram realizados em 12 mini paredes, número 4 vezes maior do que o mínimo recomendado pela E-519 (ASTM, 2002), e o mesmo número do estudo de Miccoli *et al.* (2015).

Embora a E-519 (ASTM, 2002) recomende a utilização de corpos de prova com dimensões de 1200 x 1200 mm², devido a uma limitação da prensa hidráulica, decidiu-se por adotar, baseando-se nos trabalhos de Miccoli *et al.* (2015), e Miccoli, Muller e Fonatana (2014), as dimensões 550 x 550 mm².

A figura 5 ilustra o processo de confecção das mini paredes. Antes da injeção da argamassa, efetuou-se o umedecimento da alvenaria – figura 5(a). Esse procedimento foi

condição necessária para que os blocos não absorvessem a água presente na argamassa de injeção, e com isso, interferissem na redução da resistência mecânica da argamassa e, conseqüentemente, do painel. Após o umedecimento, iniciou-se o processo de injeção da argamassa fluida e auto adensável nos orifícios de menor diâmetro dos Tijolitos – figura 5(b).



Figura 5: Preparo da mini parede: a) umedecimento; b) injeção da argamassa

Fonte: Guimarães (2017)

Durante a aplicação do carregamento na compressão diagonal, instalaram-se relógios comparadores posicionados na direção das diagonais vertical e horizontal, conforme as recomendações da NBR 16522 (ABNT, 2016),

Para um melhor aproveitamento dos Tijolitos, optou-se pela modulação das mini paredes conforme ilustra a figura 6. Os relógios utilizados para medir os deslocamentos foram denominados: R_v , para medir o encurtamento vertical; e R_H , para medir alongamento horizontal, durante a aplicação do carregamento – figuras 6 e 7.

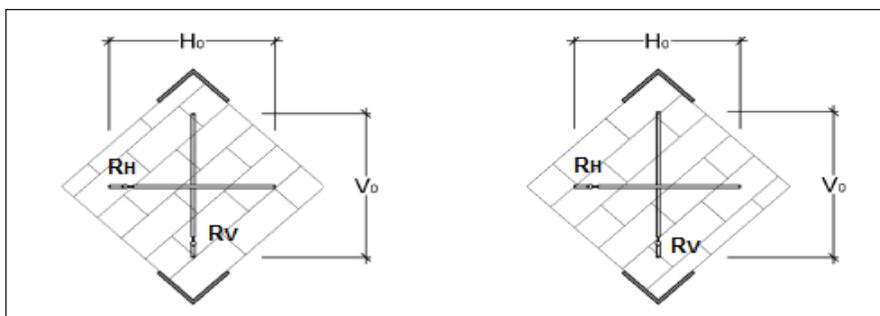


Figura 6: Configuração das paredes: a) blocos à meia altura na fiada superior; b) blocos à meia altura na fiada inferior

Fonte: Guimarães (2017)

Durante a aplicação do carregamento na compressão diagonal, instalaram-se relógios comparadores posicionados na direção das diagonais vertical e horizontal, conforme as recomendações da NBR 16522 (ABNT, 2016) – figura 7.

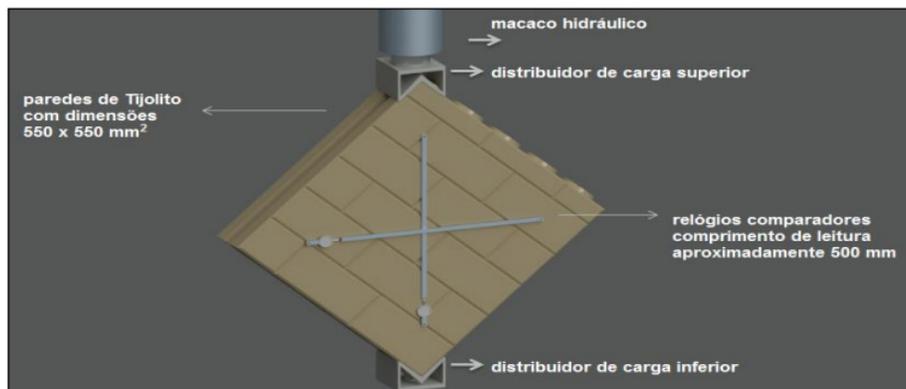


Figura 7: Esquema e instrumentação do ensaio de compressão diagonal das mini paredes de Tijolito.

Fonte: Guimarães (2017)

O equipamento utilizado para a aplicação da compressão diagonal foi a Prensa Universal, de sistema hidráulico de marca Amsler, com controle manual de carga e escalas: 78,45; 196,13 e 392,27 kN ou 1/10 destas, e com resolução: 0,098; 0,196 e 0,981 kN ou 1/10 destas. Para o estudo em questão, optou-se por utilizar a escala 1/10 com resolução de 10 N.

A figura 8 ilustra o posicionamento da mini parede na prensa.

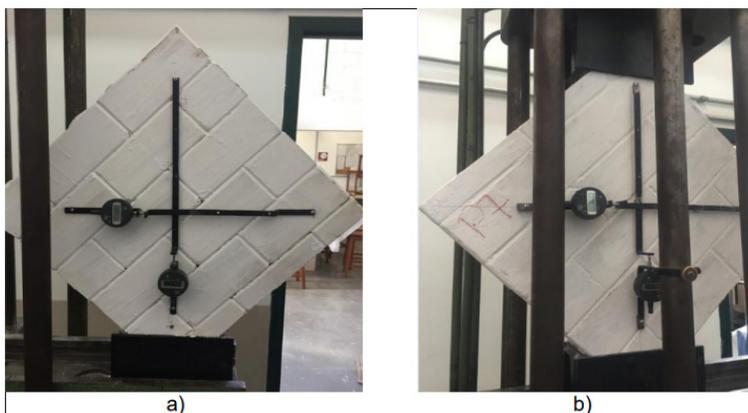


Figura 8: Posicionamento da mini parede; a) no suporte inferior; b) na prensa hidráulica, suporte superior

Fonte: Guimarães (2017)

As cargas foram aplicadas com incrementos escolhidos de modo a obterem-se pontos de medição adequados para a obtenção dos resultados pretendidos. Verificou-se que não seria necessário executar o capeamento dos blocos para a aplicação da carga, uma vez que foi utilizado o dispositivo distribuidor de carga no topo e na base das mini paredes. Durante a aplicação do carregamento, marcou-se o surgimento de fissuras em relação à sua respectiva carga a fim de elaborar os mapas de fissuração.

A figura 9 ilustra como os cilindros estão dispostos na mini parede rotacionada a 45 graus em relação a uma diagonal.

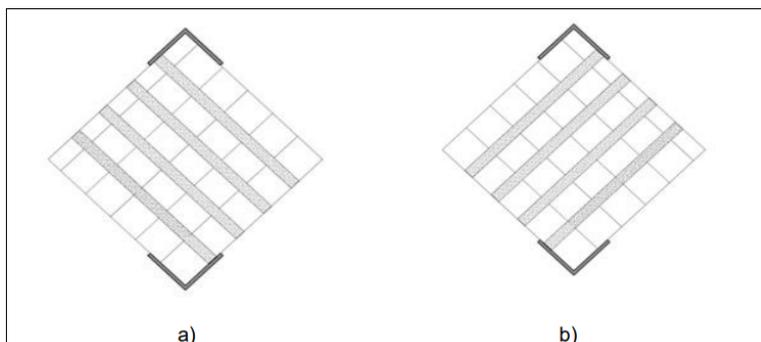


Figura 9: Cilindros de estabilização nas mini paredes de Tijolitos

Fonte: Guimarães (2017)

O conhecimento da quantidade de cilindros cisalhados durante a aplicação da compressão diagonal é condição necessária para a determinação da resistência da mini parede, e é obtido com a análise da fissuração do painel.

4 | RESULTADOS

4.1 Resultados da caracterização dos materiais

A partir dos resultados para a o cimento, a cal e a areia lavada, materiais necessários para a execução do traço da argamassa de injeção, e o Tijolito – apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 – concluiu-se que estes materiais eram adequados para a execução das mini paredes, para o ensaio de compressão diagonal.

Ensaio	RESULTADOS
Massa específica real	3,015 g/cm ³
Finura	3,06 %

Tabela 1: Resultados da caracterização do CP II E-32

Fonte: Os autores (2017)

Ensaio	RESULTADO
Massa específica real	2,416 g/cm ³

Tabela 2: Resultados da caracterização da CH - III

Fonte: Guimarães (2017)

Ensaio	RESULTADOS
Massa específica real	2,641 g/cm ³
Massa específica aparente	1,409 g/cm ³
Impurezas orgânicas	< 300 ppm
Materiais pulverulentos	0,70 %
Torrões de argila	0,35 %
Granulometria	Dentro da zona utilizável recomendada pela NBR 7211

Tabela 3: Resultados da caracterização da areia lavada

Fonte: Guimarães (2017)

RESUMO DA ANÁLISE DIMENSIONAL DOS TIJOLITOS															
	D I M E N S Õ E S														
12 CP ¹	L	L _{SAT}	H	H _{SAT}	C	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	p1	p2
Média	110,2	110,3	100,2	100,4	220,1	68,9	78,3	69,6	80	44,6	45,6	31,7	31,7	10	11,2
S.D ⁵	0,11	0,13	0,35	0,36	0,16	0,32	0,19	0,33	0,45	0,34	0,2	0,22	0,14	0,2	0,38
C.V ⁶ (%)	0,1	0,12	0,35	0,36	0,07	0,47	0,24	0,48	0,56	0,75	0,43	0,68	0,43	2,0	3,4

Tabela 4: Resultados da análise dimensional nos Tijolitos

Fonte: Guimarães (2017)

4.2 Resultados da caracterização do traço de injeção

Para o ensaio de fluência, utilizou-se a mesma proporção de materiais da argamassa de injeção segundo Assis (2001) e $a/c=2,3$; obtendo-se fluidez de 16s, valor este entre o intervalo recomendado por Assis (10s a 20s). A argamassa de injeção apresentou à idade de cura pretendida, cinco dias, resistência à tração na flexão 0,47 MPa. Para a idade de cura pretendida a argamassa de injeção apresentou resistência à compressão equivalente ao traço padrão, recomendado por Assis (2001) e Assis (2008) aos 28 dias de idade, aproximadamente 1,0 MPa.

Portanto, a partir da análise das resistências e da fluência concluiu-se que o traço TE 1:2,5:4 $a/c=2,3$ fluidez 16s era o ideal para a execução das mini paredes, pois obteve a resistência à compressão em 5 dias equivalente à resistência do traço padrão recomendado por Assis (2001) e Assis (2008) aos 28 dias de idade, aproximadamente 1,0 MPa.

4.3 Resultados dos ensaios de compressão diagonal

Com a aplicação do carregamento notou-se que nas paredes ensaiadas, o cisalhamento desenvolveu-se a partir de uma macro fissura localizada no centro do painel. Mesmo com a ruptura relativa à primeira fissura, pôde-se constatar que a parede possui

capacidade de manter-se íntegra e continuar a receber carga até o seu colapso total. Devido a esta característica, optou-se por carregar os painéis até a sua ruína. Observou-se que o cisalhamento ocorreu na mini coluna de estabilização, constituída pela argamassa de injeção, conforme ilustrado na figura 10.

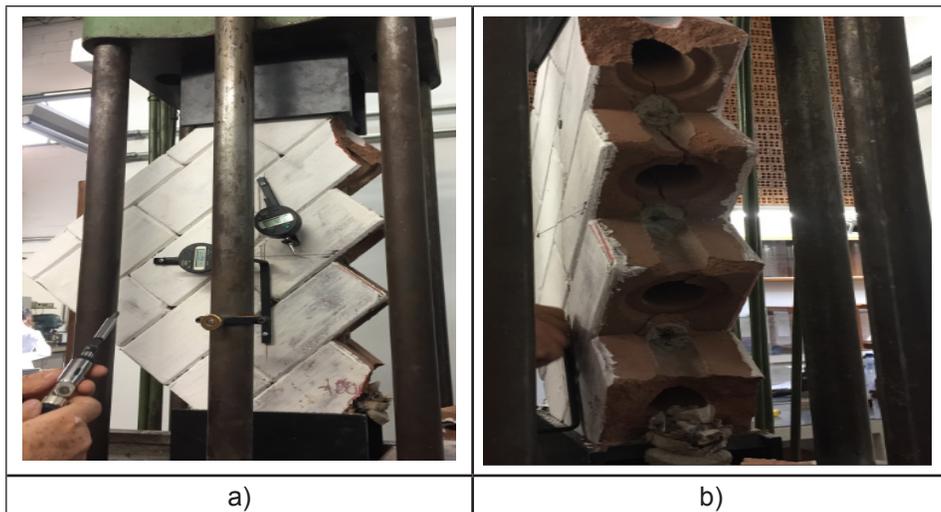


Figura 10: Modo de ruptura da P1: a) vista da face dos relógios; b) vista lateral direita

Fonte: Guimarães (2017)

4.3.1 *Carga x deslocamento das mini paredes*

A figura 11 apresenta os resultados de carga x deslocamento para as doze mini paredes submetidas ao ensaio de compressão diagonal.

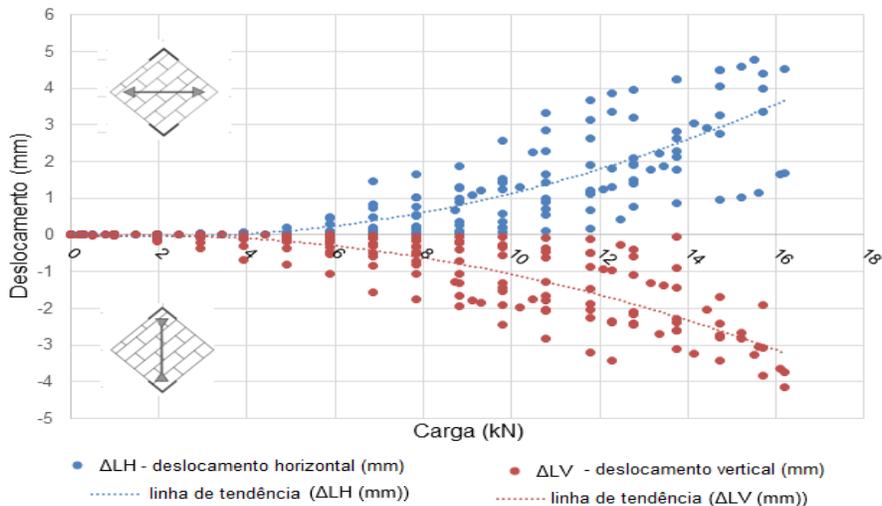


Figura 11: Gráfico carga x deslocamento das mini paredes ensaiadas à compressão diagonal

Fonte: Guimarães (2017)

A partir dos resultados dos deslocamentos para cada mini parede, calcularam-se os deslocamentos médios em relação a sua respectiva carga, obtendo-se os resultados apresentados na figura 12. O erro quadrático do gráfico carga x deslocamento obtido para o alongamento horizontal, 0,9956, e para o encurtamento vertical, 0,9931 são próximos de 1,0, demonstrando a precisão obtida no ensaio.

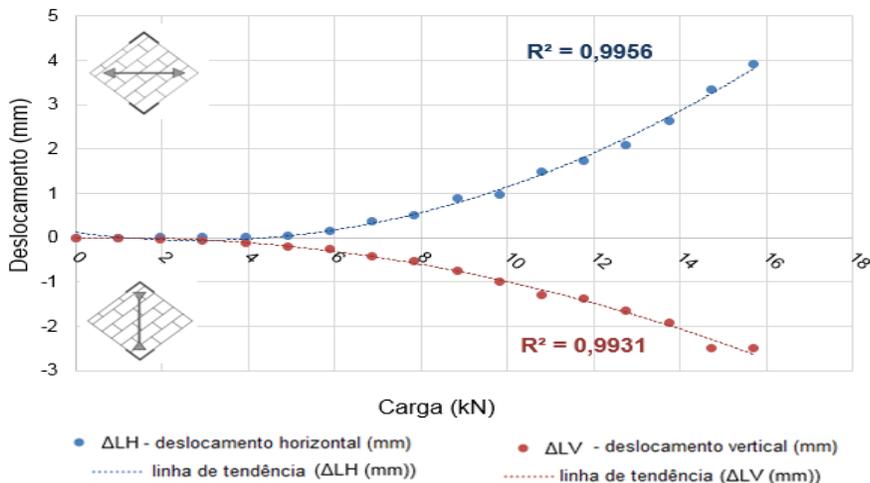


Figura 12: Gráfico carga x deslocamento médio das mini paredes ensaiadas à compressão diagonal

Fonte: Guimarães (2017)

4.3.2 Resumo dos resultados do ensaio de compressão diagonal

Na Tabela 5 são apresentados os resultados do ensaio de compressão diagonal para as doze mini paredes ensaiadas. Para cada ensaio, observaram-se as cargas de ruptura (P_R), bem como a carga relativa à primeira fissura (P_F), o alongamento horizontal (ΔL_H), o encurtamento vertical (ΔL_V), e as respectivas deformações ε_H e ε_V . A análise dos mapas de fissuração, possibilitou a identificação dos cilindros cisalhados para a definição da área de cisalhamento. De posse destes resultados foi possível calcular a tensão de cisalhamento da mini parede τ_{ALV} e sua distorção γ_{ALV} .

Como a NBR 16522 (ABNT, 2016) recomenda que o módulo de elasticidade transversal G_{ALV} seja calculado entre 20% e 50% da tensão de ruptura ao cisalhamento, efetuou-se o cálculo para estas duas tensões.

CP	P_R (N)	P_F (N)	AL_H (mm)	AL_V (mm)	ε_H	ε_V	Cilindros cisalhados	T_{ALV} (MPa)	Y_{ALV} (mm/mm)	G_{ALV} 20% (MPa)	G_{ALV} 50% (MPa)
p1	8829,0	6867,0	2,56	-9,48	0,0085	-0,0316	3	2,65	0,0201	26	66
p2	15696,0	13243,5	4,41	-1,91	0,0091	-0,0038	6	2,36	0,0064	74	184
p3	12262,5	3825,9	3,36	-3,41	0,0069	-0,0068	6	1,84	0,0072	51	128
p4	8730,9	3924,0	5,23	-0,59	0,0105	-0,0012	4	1,97	0,0058	67	169
p5	14420,7	5395,5	2,93	-2,04	0,0059	-0,0041	8	1,63	0,0050	65	163
p6	16186,5	7553,7	4,52	-4,14	0,0090	-0,0083	9	1,62	0,0087	37	94
p7	16186,5	4905,0	1,7	-3,75	0,0034	-0,0075	9	1,62	0,0055	59	149
p8	12458,7	4905,0	0,41	-0,27	0,0008	-0,0005	6	1,87	0,0007	551	1376
p9	15696,0	8829,0	3,37	-3,09	0,0067	-0,0062	6	2,36	0,0065	73	183
p10	15499,8	7848,0	4,78	-3,28	0,0096	-0,0066	8	1,75	0,0081	43	108
p11	15205,5	5886,0	4,6	-2,82	0,0092	-0,0056	8	1,71	0,0074	46	115
p12	13734,0	9319,5	1,77	-0,05	0,00354	-0,0001	8	1,55	0,0018	170	425

Tabela 5: Resultados dos ensaios de resistência à compressão diagonal

Fonte: Guimarães (2017)

Na figura 13, apresentam-se os resultados da tensão de cisalhamento das mini paredes a partir do ensaio de compressão diagonal.

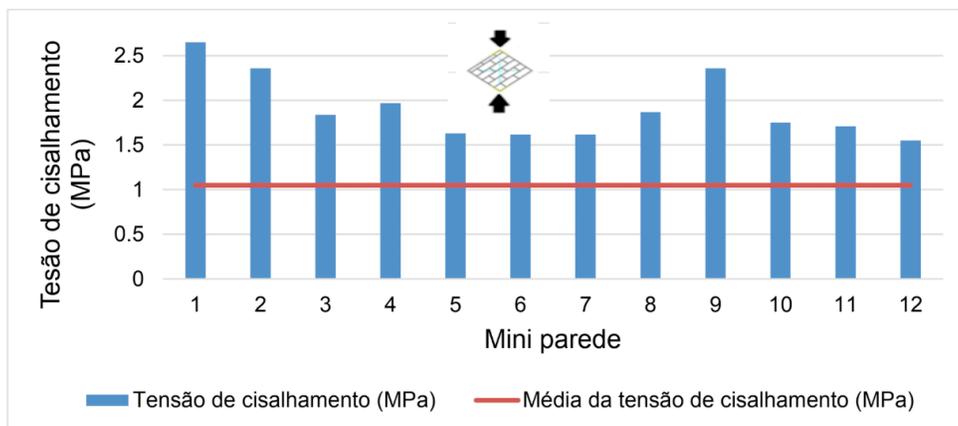


Figura 13 - Carga de ruptura das mini paredes decorrente do ensaio de compressão diagonal

Fonte: Guimarães (2017)

5 | DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados referentes à tensão de cisalhamento e do módulo de elasticidade transversal das mini paredes, optou-se por aplicar o procedimento estatístico da NBR 12655 Concreto de Cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - procedimento (ABNT,2015), pois dessa forma, pode-se verificar quais dados poderiam ser descartados do cálculo das médias, por estarem fora do desvio padrão dos resultados, gerando um resultado representativo em comparação com o comportamento global apresentado pelas doze mini paredes. Aplicando esse procedimento estatístico, obteve-se como valor médio para a resistência ao cisalhamento das mini paredes 1,05 MPa, módulo de elasticidade médio a 20% da carga de ruptura, 22,2 MPa, e a 50% da tensão de ruptura 55,4 MPa.

6 | CONCLUSÕES

A busca por materiais de construção que utilizam materiais sustentáveis em sua constituição é crescente. Edificações construídas com o Tijolito – bloco encaixável de solo cimento, que possui orifícios, destinados à passagem de tubulações hidráulicas e cablagem elétrica, reduz a geração de resíduos provenientes da quebra de blocos. Por dispensar queima em seu processo de fabricação, o Tijolito também diminui o consumo de energia empregado para sua produção. Por utilizar o solo como matéria prima, material disponível e recorrente em todo o planeta, o Tijolito é um material de construção que pode ser produzido em países desenvolvidos, ou em desenvolvimento. Por empregar um processo construtivo simples, utilizando o encaixe entre suas unidades, diminui o tempo de execução de edificações, sendo uma alternativa para a construção de, principalmente, moradias que visam reduzir o *déficit* habitacional.

Além da questão ambiental e social, sabe-se que a resistência ao cisalhamento

de uma alvenaria é importante para que essa não entre em colapso quando submetida a esforços de vento ou abalos sísmicos. As alvenarias de terra crua, principalmente quando submetidas ao esforço de cisalhamento, devem manter-se estáveis frente aos agentes causadores dessa solicitação. O conhecimento dessa característica contribui para o dimensionamento de edificações em relação ao limite último. Não há na bibliografia atual normas específicas para a determinação da resistência ao cisalhamento de alvenarias construídas com blocos encaixáveis de solo cimento, porém para a essa avaliação executou-se o ensaio de compressão diagonal, prescritos pela ASTM E-519 e a NBR 16522 (ABNT, 2016). As doze mini paredes, com dimensões quadradas de 550 mm de lado, foram executadas com o traço TE 1:2,5:4 fator $a/c=2,3$ e fluidez 16s.

Portanto, o bloco encaixável de solo cimento, o Tijolito®-Sistema Andrade Gutierrez de Construção Industrializada, sistema construtivo de menor impacto ambiental, nessa primeira análise, utilizado em construções em vários estados do Brasil e no exterior, devido ao seu comportamento relativo a sismos e esforços de vento é um material que, segundo essa primeira análise, apresenta resistência ao cisalhamento de 1,05 MPa; e as demais técnicas técnica construtiva com alvenaria de terra crua: a taipa (*rammed earth*) 0,71 MPa, a mistura do solo com fibras (*cob*) 0,50 MPa e os demais blocos encaixáveis de solo cimento 0,34 MPa.

REFERÊNCIAS

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Fabricação de tijolos de solo cimento com prensas manuais. Boletim Técnico. São Paulo, n. 3, p. 16, jun 2000. ISSN 85-87024-28-0.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7211: Agregado para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____.NBR 7218: Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2010.

_____.NBR 7681: Calda de cimento para injeção - Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil - Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____.NBR 11579: Cimento Portland - Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.

_____.NBR 12118: Blocos de concreto vazados de concreto simples para a alvenaria. Rio de Janeiro, 2014.

_____.NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____.NBR 16522: Alvenaria de Blocos de Concreto - Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

AGUIAR, R. D. C. et al. Avaliação comparativa entre carregamentos dinâmicos provocados pela ação do vento e pela ação de terremotos em estruturas de edifícios na zona sísmica. Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas, 2017. Disponíveis em: . Acesso em 26., set.2017. AMN.

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. NM 23: Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

_____.NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

_____.NM 49: Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.

_____.NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

ASSIS, J. B. S. de. Avaliação Experimental do Comportamento Estrutural de Paredes Não Armadas, Submetidas à Compressão Axial, Construídas com Tijolito: Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 210f.

_____.Paredes Construídas com Blocos Encaixáveis de Solo-Cimento: Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. 253f.

ASSIS, J. B. S. de.; CHAHUD, E. Avaliação do Comportamento Estrutural de MiniParedes Construídas com Blocos de Solo-Cimento, Isentas de Argamassa entre as Fiadas - Tijolito Sistema Andrade Gutierrez de Construção Industrializada. III Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra: La Tierra Cruda en la Construcción del Habitat. Anais... San Miguel de Tucumán: 2004. p. 149-159.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS .E-519: Standard test method for diagonal tension (shear) in masonry assemblages. West Conshohocken, PA: 2002. BERGE, B. The ecology of building materials. Architectural Press, Elsevier Science, n. 2, 2009. ISSN 978-1-85617-537-1. Disponível em: Acesso em: 07 mai.,2017.

BORRI, A.; CASTORI, G.; CORRADI, M. Determination of Shear Strength of Masonry Panels Through Different Tests. International Journal of Architectural Heritage, Perugia, Italy, 2015. 913–927. Disponível em: Acesso em: 05 jun.,2017. Bussab, W.º; Morettin, P.A. Estatística Básica, Editora Saraiva, São Paulo – Brasil – Cap 11 pgs 289-296. (2002).

CALDERINI, C.; CATTARI, S.; LAGOMARSINO, S. The use of the diagonal compression test to identify the shear mechanical parameters of masonry. Construction and Building Materials.Elsevier. 2010. p. 677-685.

FAY, L.; COOPER, P.; MORAIS, H. F. D. Innovative interlocked soil–cement block for the construction of masonry to eliminate the settling mortar. Construction e 101 Building Materials, p. 391 -395, 2014. ISSN 0950-0618. Disponível em: . Acesso em: 07 abr.,2017.

FARJADO, Raúl Ivan Contreras. Previsão numérica do comportamento dinâmico da barragem de Breapampa no Peru. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio.Rio de Janeiro, 2014. 152f.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit habitacional no Brasil 2013-2014. Centro de Estatística e Informações-CEI. Belo Horizonte. 2016. Disponível em: Acesso em 13., abr 2017.

GOUVEIA, J. P.; LOURENÇO, P. B.; VASCONCELOS, G. Soluções Construtivas em Alvenaria. In:3º CONGRESSO CONSTRUÇÃO. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra. 2007. Disponível em: . Acesso em 03., abr 2017.

LOURENÇO, P. B.; COSTA, A. C. Comportamento sísmico da alvenaria: ensaios recentes. In: Seminário Paredes de Alvenaria, Lisboa, Portugal, p. 103-112, 2015. Disponível em: .Acesso em 03., set 2017.

LUSA, R. R. Reconstrução do sismo no México “não será da noite para o dia”. Mundo ao Minuto. Disponível em: . Acesso em: 12 out.,2017.

MARTINS, A. Terremotos em março. Ciência e Tecnologia - Portal de notícias G1 Disponível em: . Acesso em: 20 abr., 2018.

MASKELL, D.; HEATH, A.; WALKER, P. Inorganic stabilisation methods for extruded earth masonry units. *Construction and Building Materials*, v. 71, p. 602 -609, 2014. ISSN 0950-0618. Disponível em: . Acesso em: 10 set.,2017.

MICCOLI, L.; MULLER, U.; FONATANA, P. Mechanical behavior of earthen materials: a comparison between earth block masonry, rammed earth and cob. *Construction and Building Materials*, v. 61, p. 327 -339, June 2014. ISSN 0950- 0618. Disponível em: < <http://www.elsevier.com/locate/conbuildmat>>. Acesso em: 10 set.,2017.

MILOSEVIC, J. et al. Shear Tests on Rubble Stone Masonry Panels -Diagonal Compression Tests. *Construction and Building Materials*, Lisboa, Portugal, Out 2013. 1372-1380. Disponível em: . Acesso em: 05 jun.,2017.

OLIVEIRA, E.A. Estudo numérico e experimental de paredes de alvenaria não estruturais reforçadas com armadura de junta submetidas à flexão no seu plano. Tese de doutorado apresentada ao Departamento de Engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2009. 290f. OLIVEIRA, D. V. et al. Mechanical performance of compressed earth block masonry using granitic residual soils. ISISE, University of Minho, Depart. Civil Engineering, Guimarães, Portugal, 2016. Disponível em: . Acesso em: 25 set.,2017.

PORTER, D.; ASSIS, J. B. S. D.; GUIMARÃES, J. M. S. Tijolito a Brazilian Green Brick. In: I CONGRESSO DO INSTITUTO POLITÉCNICO DA PUC MINAS, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte.2015. p. 19-22. ISSN 987-85-8239-054-2.

SILVA, R. A. et al. Mechanical characterisation of dry-stack masonry made of cebs stabilised with alkaline activation. *Construction and Building Materials*, v. 75, p. 349 - 358, 2015. ISSN 0950-0618. Disponível em: . Acesso em: 25 ago.,2017.

STURM, T.; RAMOS, L. F.; LOURENÇO, P. B. Characterization of dry-stack interlocking compressed earth blocks. *Materials and Structures* , v. 48, p. 3059 - 3074, 2015. ISSN 1359-5997. Disponível em: . Acesso em: 02 jun.,2017.

TENNANT, A. G.; FOSTER, C. D.; REDDY, B. V. V. Detailed Experimental Review of Flexural Behavior of Cement Stabilized Soil Block Masonry. *Journal of materials in civil engineering* , v. 28, p. 0899-1561, 2016. Disponível em: . Acesso em: 05 set.,2017.

TIMBÓ, L. A. P.; LOPES, R. C. O. Análise Comparativa entre a alvenaria estrutural e a convencional. Artigo apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Católica de Brasília, 2014.28f. Disponível em: < <https://repositorio.ucb.br/jspui/handle/10869?4687>>. Acesso em 10.,ago 2017.

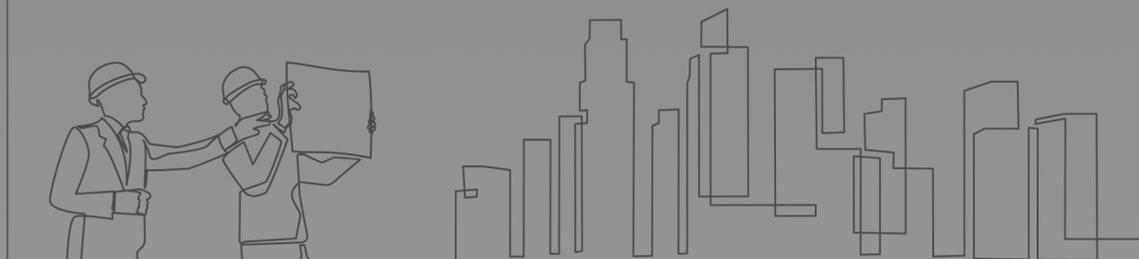
TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

